

平成30～令和4年度
漁場環境改善推進事業のうち
栄養塩、赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発

「有明海とその周辺海域および東京湾における
貧酸素水塊の発生と被害軽減対策」

事業成果ダイジェスト

栄養塩、赤潮・貧酸素共同研究機関

もくじ

はじめに：有明海とその周辺海域および東京湾における貧酸素水塊の発生と被害軽減策	1
1) 貧酸素水塊の発生シナリオの構築と予察技術の開発	
ア. 有明海における貧酸素水塊のモニタリングと消長シナリオの構築	2
イ. 貧酸素水塊におけるデータの提供及び利活用の促進	3
2) 貧酸素水塊による被害軽減技術の開発	
ア. 有明海とその周辺海域で発生する貧酸素水塊の被害軽減技術の開発	4
イ. ①東京湾で発生する貧酸素水塊の被害軽減技術の開発	5
②浅海域の貧酸素化に対する水産有用種の生存技術の開	7

はじめに：有明海とその周辺海域および東京湾における貧酸素水塊の発生と被害軽減対策

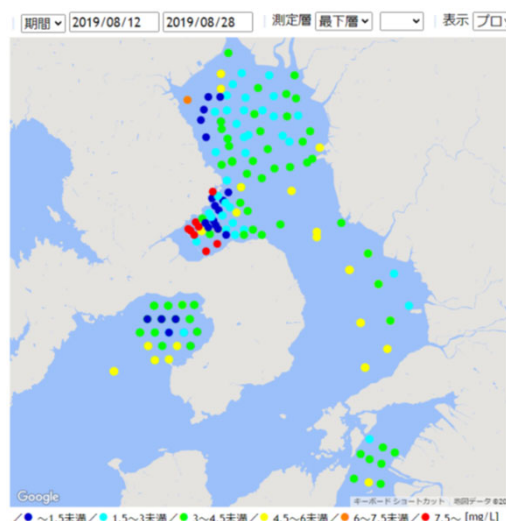
戦後の高度経済成長に伴い、多くの閉鎖性海域では汚濁負荷が増大し、富栄養化が貧酸素水塊の頻発などの形として表面化し、漁業生産に多大な被害をもたらしました。汚濁負荷量の削減等、様々な環境保全対策が講じられてきましたが、多くの閉鎖性海域では貧酸素水塊の形成が解消されるには至っていません。貧酸素水塊の発生は、有用魚介類のへい死のみならず、餌料となる生物の生息にも多大な影響を及ぼすことから、貧酸素水塊の発生メカニズムや貧酸素水塊が魚介類に及ぼす影響などを明らかにするとともに、漁業被害を軽減するための技術開発を推進する必要があります。

本事業では、有明海とその周辺海域および東京湾をフィールドとして、貧酸素水塊の発生メカニズムを明らかにするとともに、予察技術や被害軽減技術の開発を行うことで、貧酸素水塊の発生による漁業被害の軽減を図り、健全な沿岸・内湾生態系の保全に資することを目的としています。

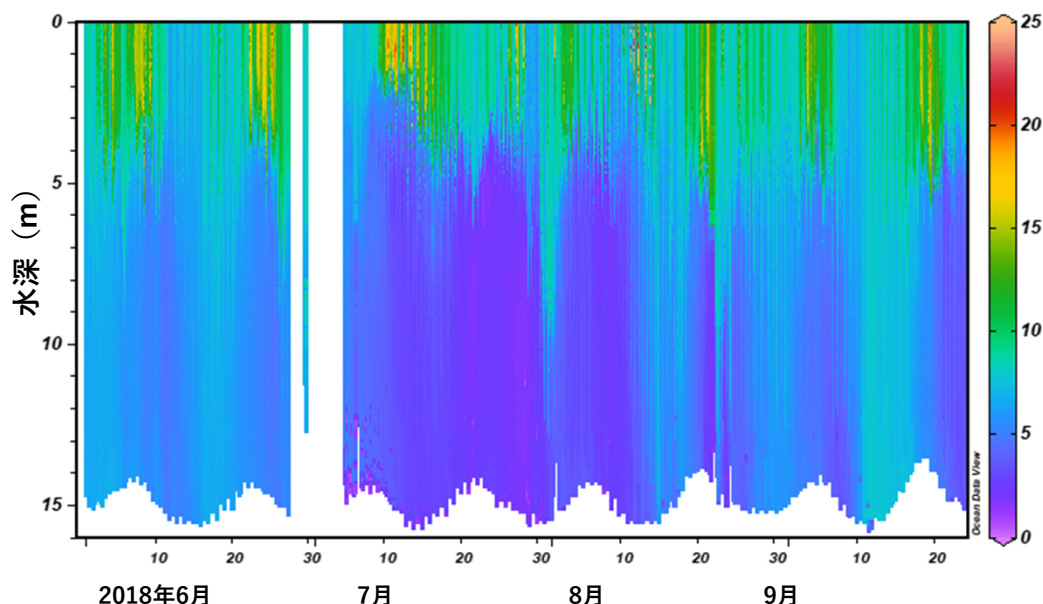
自動観測ブイ



有明海と周辺海域の底層の溶存酸素量分布



有明海奥部海域における溶存酸素量 (mg/L) の鉛直分布の時系列変化



1) 貧酸素水塊の発生シナリオの構築と予察技術の開発 ア. 有明海における貧酸素水塊のモニタリングと消長シナリオの構築

担当機関：水産研究・教育機構水産技術研究所、福岡県水産海洋技術センター有明海研究所、佐賀県有明水産振興センター、熊本県水産研究センター

水産技術研究所、福岡県水産海洋技術センター有明海研究所及び佐賀県有明水産振興センターが、夏季に水質の連続観測を有明海奥部の観測定点において実施するとともに、定期観測を実施しました。有明海中央部及び南東部については、熊本県水産研究センターが貧酸素水塊の発生に迅速に対応した観測を実施しました。得られた観測データを基に、有明海における貧酸素水塊の消長シナリオの構築及び貧酸素水塊の発生予察手法の検討を行いました。

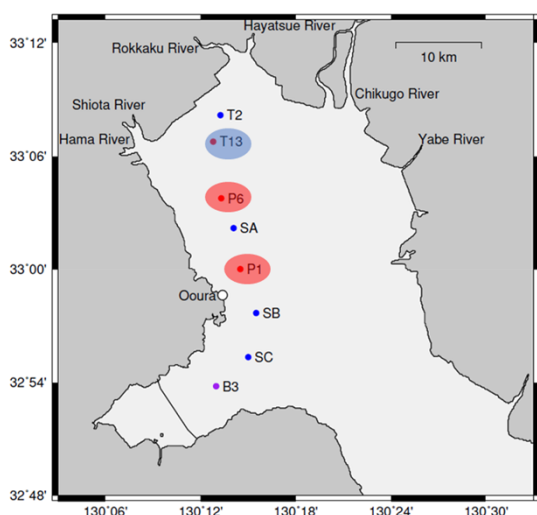


図1. 連続観測点 (T13、P6、P1)

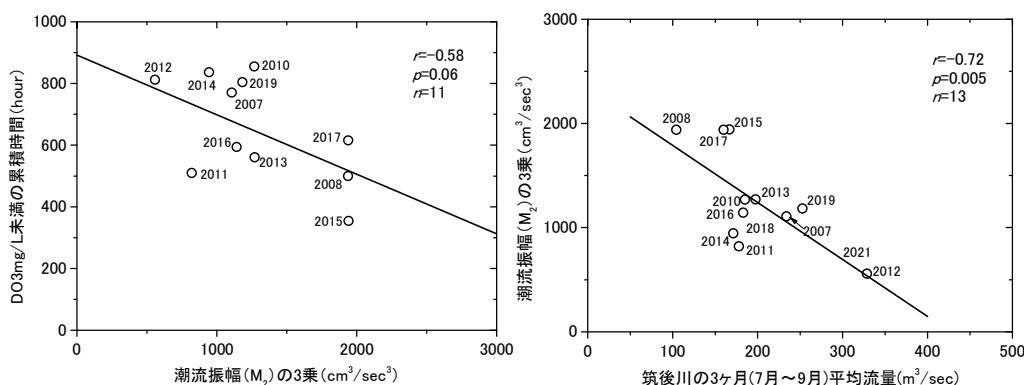


図2. 有明海奥部干潟縁辺域 (T13) における底層潮流振幅の3乗とDO未満の累積時間との関係 (左図)、筑後川流量と底層潮流振幅の関係。

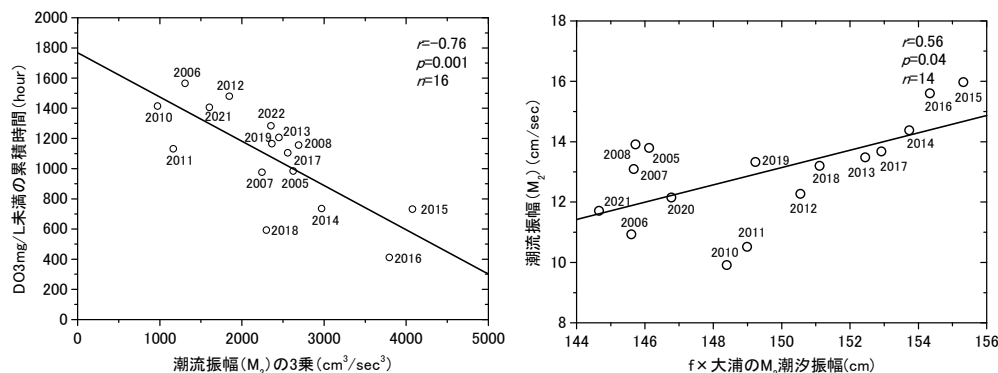


図3. 有明海奥部沖合域 (P6) における底層潮流振幅の3乗とDO未満の累積時間との関係 (左図)、潮流振幅 (大浦) と底層潮流振幅の関係。

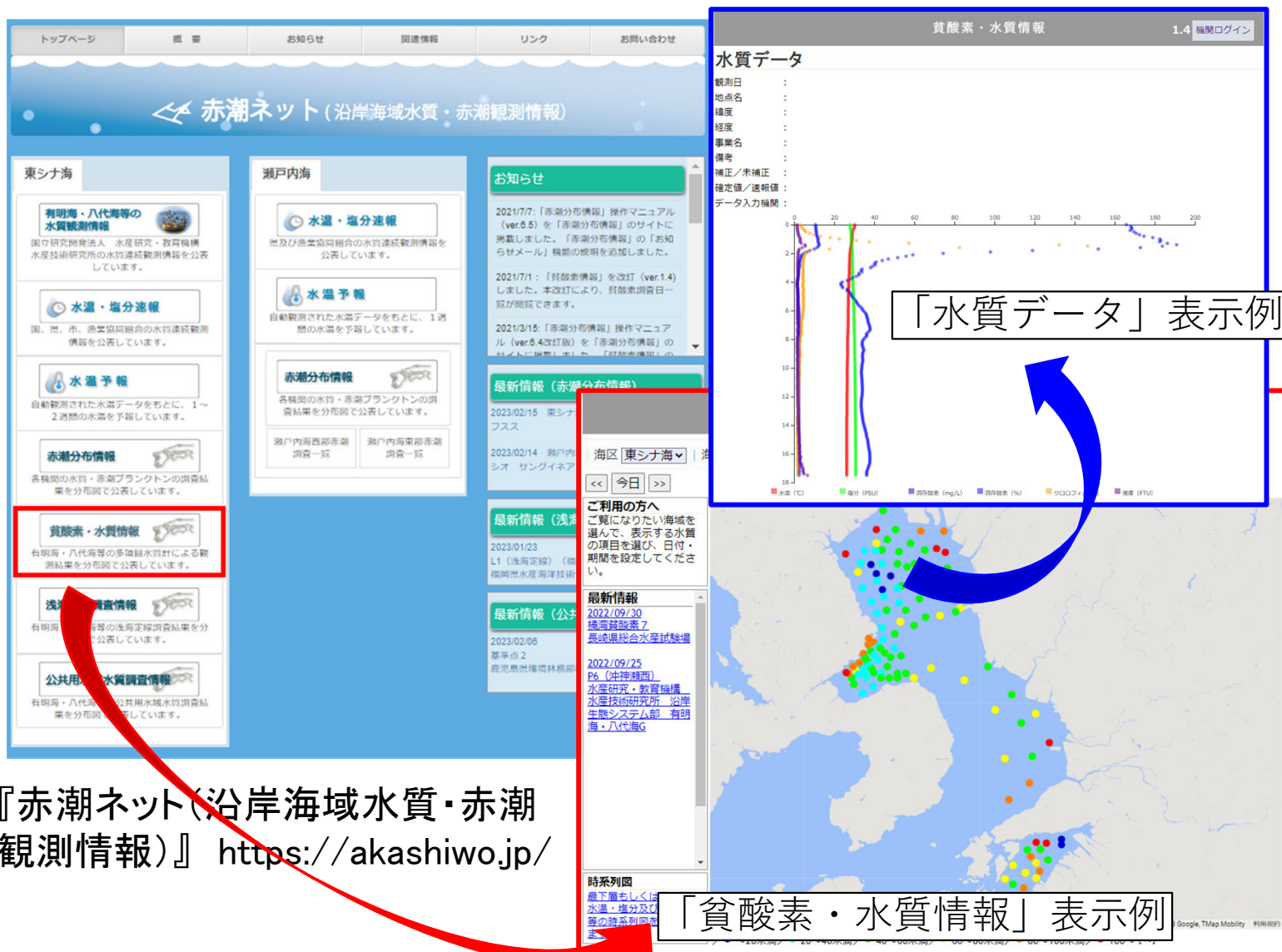
5年間で得られた主要な成果

- 5年間の貧酸素モニタリングと過去のデータを用いた解析を行い、潮流振幅と貧酸素水塊との関係を明らかにしました (図2、図3)。また、潮流振幅の経年変動は、干潟縁辺域では河川からの淡水流入、沖合域では潮汐振幅との関係が見られました。
- 植物プランクトンの出現について、*Chattonella*属は全域で高密度化する場合と湾奥のみで高密度化する場合があり、珪藻類は高密度で確認される頻度の高い海域が年によって異なりました。
- 熊本県海域でも大規模な出水や赤潮が発生した際に溶存酸素の低下が確認されました。

1) 貧酸素水塊の発生シナリオの構築と予察技術の開発 イ. 貧酸素水塊に関するデータの提供及び利活用の促進

担当機関：水産研究・教育機構水産技術研究所、株式会社アイコック

貧酸素水塊の形成を迅速に把握し、予察するため、現場観測データの収集と迅速な情報の提供が求められています。本課題では、漁業者や関係各機関、及び広く一般に向けて、1) 定期観測による広域的な水温・塩分・溶存酸素等の貧酸素水塊のモニタリング情報を収集する体制を構築すること、2) 貧酸素水塊発生等の情報を迅速に提供するシステムを開発すること、3) 開発したシステムを用いて迅速に情報提供することに取り組みました



- ・ 有明海，八代海，橘湾を対象に，関係各機関で観測された水温・塩分・溶存酸素等の鉛直データを収集し，共有する体制を構築しました。
- ・ 平成30年度に「貧酸素情報」を開設し，現在の「貧酸素・水質情報」に至るまでアップデートを重ねました。
- ・ 貧酸素水塊の形成に係る情報を，広く一般に迅速に提供してきました。

2) 貧酸素水塊による被害軽減技術の開発

ア. 有明海及び周辺海域で発生する貧酸素水塊の被害軽減技術の開発

担当機関：長崎県総合水産試験場、水産研究・教育機構水産技術研究所

【背景】橘湾では夏季に底層で貧酸素水塊発生（ここでは水産用水基準を参考にDO40%以下とした）がみられ、水揚げ前のへい死や漁獲物の減少などの漁業被害がみられています。

【目的】橘湾の貧酸素化の実態を調査し、この調査結果を漁業者に迅速に周知することで操業の可否や場所の検討などの被害軽減・操業の効率化を図ります。

【方法】6～9月に橘湾奥部で調査を実施（8～13回/年）しました。調査は20定点（図1：St.1-20）での多項目水質計による鉛直観測（水温、塩分、溶存酸素濃度、クロロフィル蛍光等）と定点中の4点（図1：8, 11, 14, 20）で採水（0.5m、5m、底層（海底上1m））し栄養塩濃度の分析とプランクトン細胞密度の計数（0.5m、5m）を行いました。調査結果の有害プランクトンの出現や溶存酸素濃度（底層）分布について、調査翌日までに関係漁協等へFAXやE-mail等を使って情報提供し被害の軽減等に取り組みました。

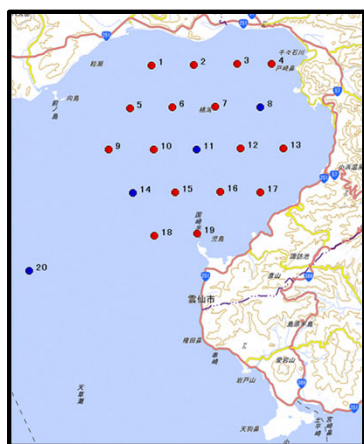


図1 調査定点

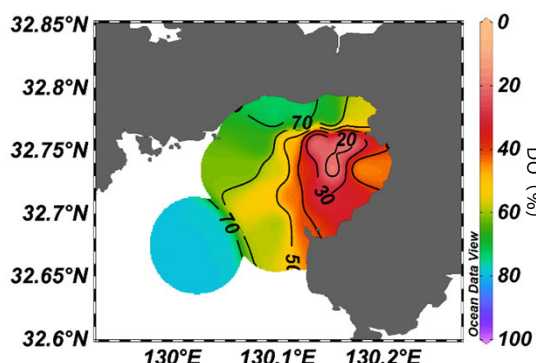


図2 底層DO (%) の水平分布
(2022年8月22日)

貧酸素発生年	発生時期	旬数
2018	8月上旬～9月上旬	4旬
2019	7月上旬	8旬
2020	7月下旬～9月下旬	4旬
2021	7月中旬～8月上旬、下旬	4旬
2022	7月中旬～8月下旬 9月下旬	6旬

表1 5年間の貧酸素発生状況

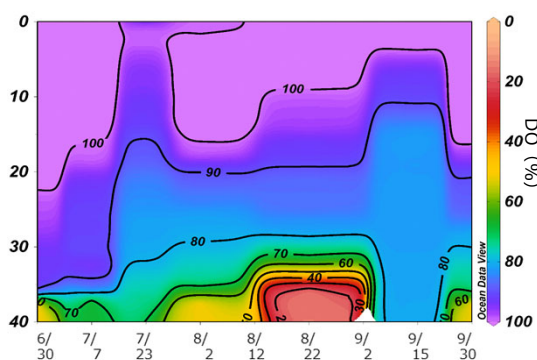


図3 溶存酸素飽和度の推移
(2022年・St8)

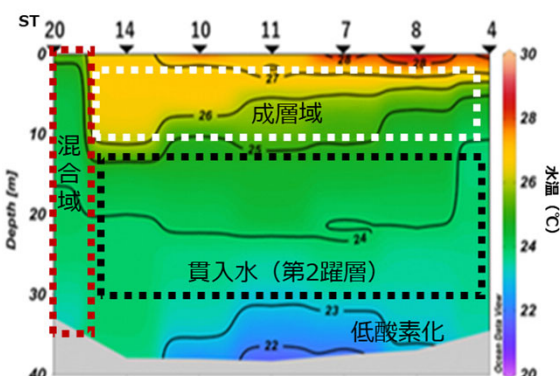


図4 水温の分布
(2021年7月15日)

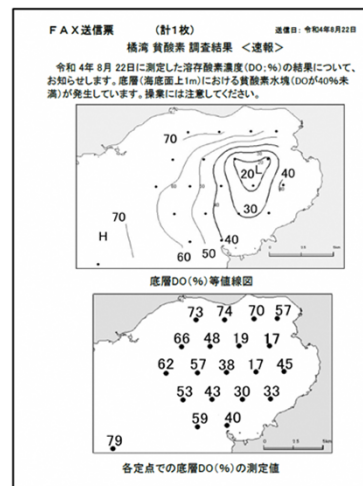


図5 FAX通知
(2022年8月22日)

5年間で得られた主要な成果

- (1) 橘湾では夏季に貧酸素水塊が毎年発生していました（図2、表1、図3）。調査データは、漁業者への迅速な情報提供ができたことにより、漁場の選択や休漁などの操業の効率化に活用されました（関係者への聞き取りから）。
- (2) 貧酸素水塊の発生について、河川由来の低塩分化による塩分躍層や気温上昇による水温躍層形成後に底層が貧酸素化するものと、大雨などによる有明海からの出水が早崎瀬戸で外海水と混合したうえで橘湾中層に貫入し、その下に発生した躍層により底層が貧酸素化するものがあると考えられました（図4）。一方で貧酸素水塊は、水温の低下や台風の接近によって発生する垂直混合により解消に進むと考えられました。
- (3) 関係者への情報提供はFAX通知（図5）の他、長崎県漁場テレメータースystem水質情報の「橘湾情報」、赤潮ネット（沿岸海域水質・赤潮観測情報）内の「貧酸素情報」としてもHPで公開しました。

2) 貧酸素水塊による被害軽減技術の開発

1. 東京湾で発生する貧酸素水塊の被害軽減技術の開発

① 干潟浅海域を生育場とする有用魚介類の生活史に与える貧酸素水塊の影響解明と軽減策検討

担当機関：千葉県水産総合研究センター、水産研究・教育機構水産技術研究所

東京湾の内湾域では春から秋にかけて大規模な貧酸素水塊が発生し、特に、人為負荷の影響の強い湾奥ほど、また水深が深いほど、溶存酸素濃度（DO）が著しく低下しています（図1）。前事業（平成25～29年度）において、マコガレイなどの稚魚が東京湾東岸の浅場に着底し、成長に伴い南側に移動すること、また、水深10～20mの海域にトリガイ漁場が形成されることを確認し、いずれも貧酸素水塊の影響を強く受けることを明らかにしました（図2, 3）。そこで、本事業では、東京湾東岸において、浅海域における貧酸素水塊の波及状況と水生生物の出現状況との関係性に着目し、被害軽減の検討に資する環境調査と生物調査を実施しました。

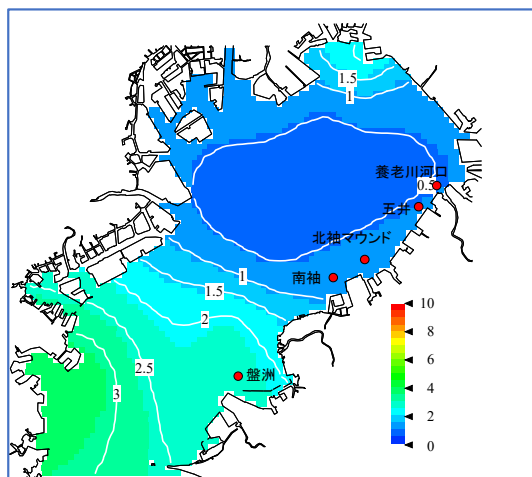


図1 夏季の底層DO分布（mL/L）と調査海域

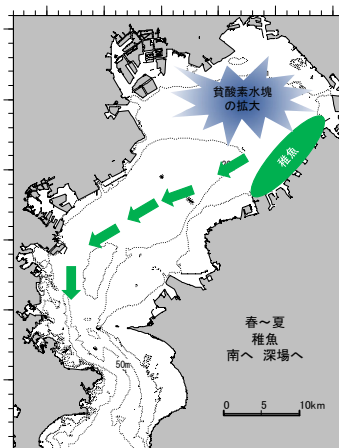


図2 マコガレイ稚魚の着底と移動経路

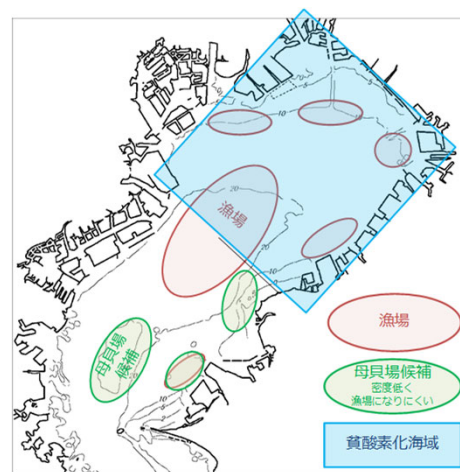


図3 トリガイの主な漁場と利用のイメージ

【方法】東京湾東岸に南北5か所に調査海域を設定し（図1），それぞれ深浅方向に2～3か所の調査点を設定しました。北から、養老川河口はゆるやかな斜面、五井は急傾斜な直立岸壁前面、北袖マウンドは沖合水深14mの海域に2～3m盛り上がったマウンド状の地形、南袖はゆるやかな傾斜の直立岸壁前面、盤洲は貧酸素水塊が発生しない対照区です（図4）。

調査は、東京湾調査・指導船ふさなみで水質（水温、塩分、pH、DOなど）、底質（強熱減量、粒度など）、採泥器による埋在性の底生生物（多毛類など）、ソリネットによる魚類などの採集を行いました（図5）。

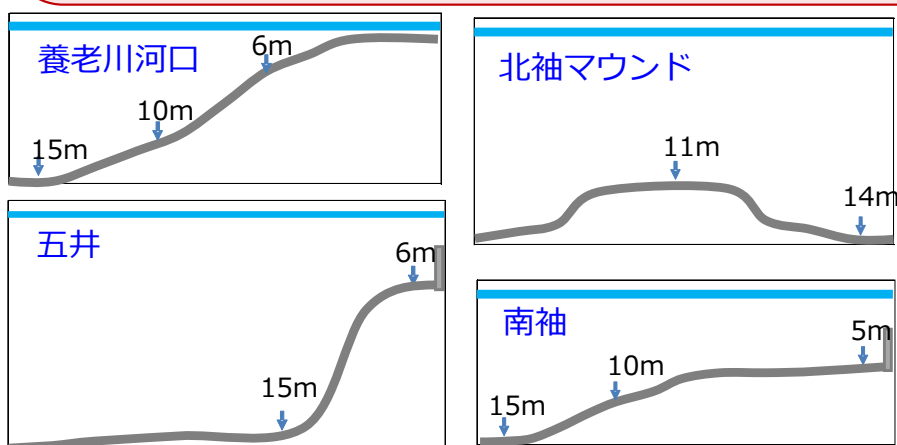


図4 各調査海域の調査点配置



図5 東京湾調査・指導船「ふさなみ」と採泥風景

【結果1】 調査点別各項目の月変化をみると、北部の深場では夏季に、表層と底層の密度差が大きく、底層DOは著しく低下し、底質の酸化還元電位 (ORP) はマイナス（還元状態）になる傾向がみられました。こうした環境の悪化を受けて、多毛類は少なくなる傾向でしたが、ソリネットによる魚類などの個体数では夏季以外は深場の方が多くなるなど、明瞭な傾向はみられませんでした（図6）。

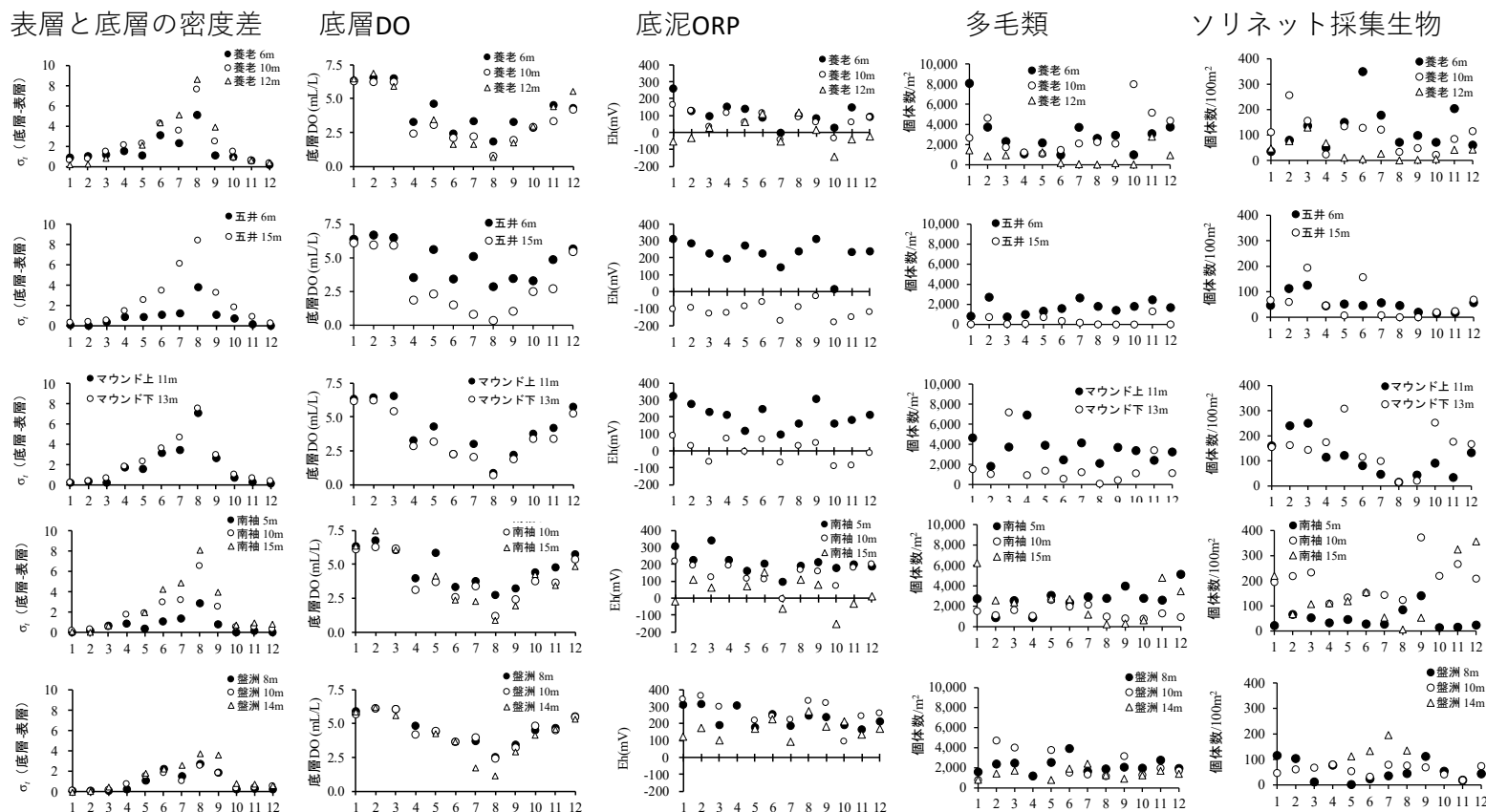


図6 海域別・調査点別底層水温、DO、多毛類・ソリネット採集生物による分布密度の月変化

【結果2】 各項目と水深の関係を見ると、北部の深場で、中央粒径は小さく、強熱減量は大きく、底質ORPは小さく、底層DO2.5mL/L以下の期間が長く、多毛類の分布密度は小さくなる傾向にありました。北袖マウンド上は下に比べて、多毛類の密度が高く、より良い環境条件であると考えられました（図7）。

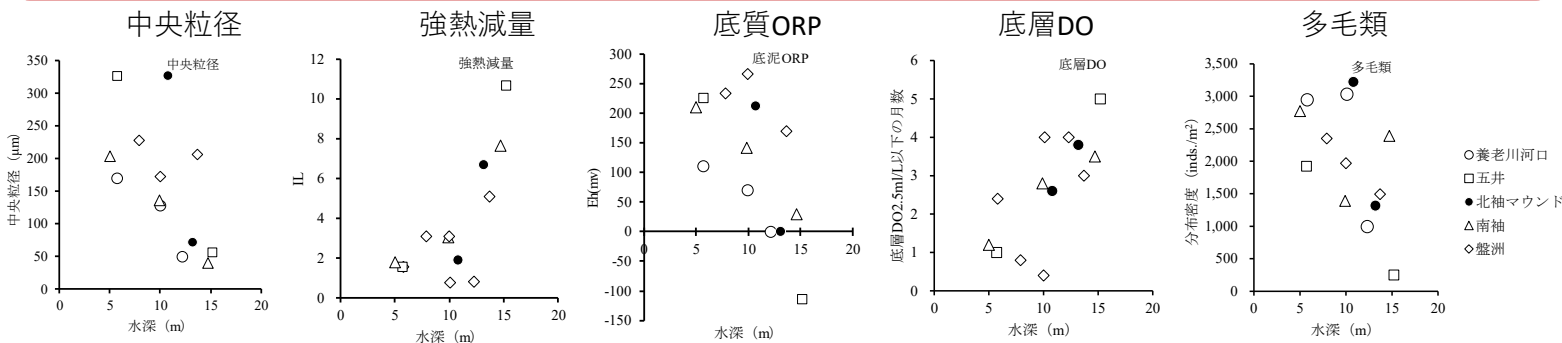


図7 各調査海域の調査点配置

5年間で得られた主要な成果

- 近年、水質総量規制に伴い水質の改善が進んでいます。しかし、東京湾では、特に北部の深場において、今もなお、夏季の底層DOが著しく低下し、底生生物および魚介類が減少することを確認しました。
- 北袖マウンドの上（水深11m）とマウンドの下（水深13m）では、高低差がわずかしかなかった。それにもかかわらず、マウンド上において底質環境（中央粒径、強熱減量、ORP）は良く、底層DOも高い傾向を確認しました。結果として、マコガレイなど有用魚介類の餌となる多毛類の棲息密度が高くなりました。
- 貧酸素水塊の波及する海域であっても、海底地形をマウンド状に造成することで、底生生物の生育可能な場所を増やせる可能性が示唆されました。

2) 貧酸素水塊による被害軽減技術の開発

Ⅰ. 東京湾で発生する貧酸素水塊の被害軽減技術の開発

② 浅海域の貧酸素化に対する水産有用種の生存技術の開発

担当機関：神奈川県水産技術センター、水産研究・教育機構水産技術研究所

目的

東京内湾の神奈川県沿岸にて、有用二枚貝類資源であるトリガイに貧酸素環境が与える影響を明らかにしました。また本種の有効利用を図るため小型貝の垂下養殖を検討しました。

方法

2019～2020年度に小型底引き網漁場でのトリガイの分布と貧酸素水塊の影響を調査しました。また2021年度～2022年度に貧酸素の影響を受けにくい横須賀市新安浦港にて、アンスラサイトを10cmの深さまで敷いた容器を用い稚貝の垂下養殖試験及び採苗試験を行いました。

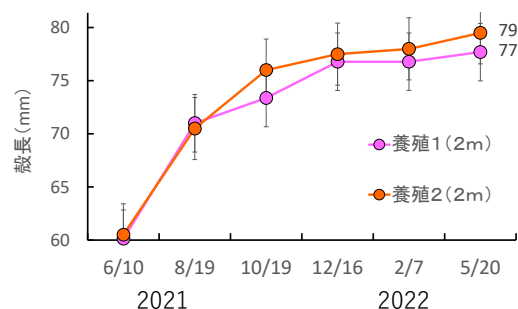
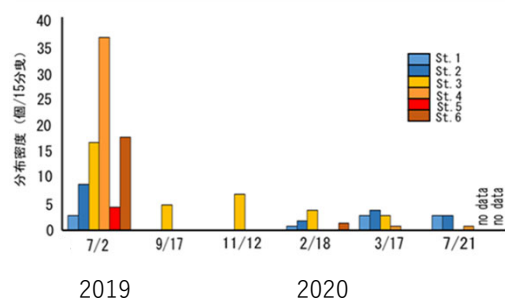


図1 試験実施場所

図2 トリガイ分布密度

図3 養殖したトリガイの成長

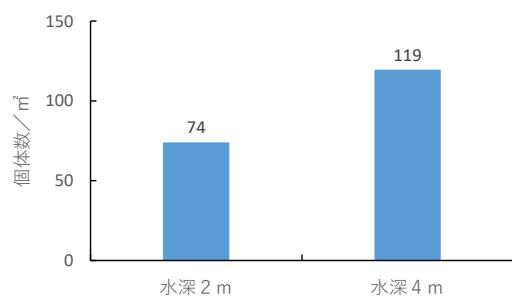


図4 採苗試験で得られた稚貝密度



図5 養殖したトリガイの呈味試験

5年間で得られた主要な成果

- ① トリガイは貧酸素水塊の発生時期である7～9月に全ての地点で大きく減少しました。この間、溶存酸素量が2 mL/Lを切る地点がありました。小型貝の加入は11月に多い結果となりました。
- ② 水深2 mに垂下した養殖試験においては天然貝と遜色ない成長が示され、生残率も最大63%と高い結果となりました。夏季の高水温と冬季のクロロフィルの低下が、へい死の原因として考えられました。
- ③ 垂下養殖試験容器内にトリガイ稚貝が高密度に発生し、天然採苗が可能と考えられました。
- ④ 呈味試験では、貝肉重量にばらつきがあるものの食味の評価は高い結果となりました。